

1/9/1

DIALOG(R) File 351:DERWENT WPI

(c)1998 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

003201885

WPI Acc No: 81-62436D/198135

Structural sandwich material - with rigid foam centre intersected by webs  
joining coating layers on both sides

Patent Assignee: OLBRICH K (OLBR-I)

Inventor: OLBRICH K

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat	No	Kind	Date	Main IPC	Week
DE 3005015	A	19810820						198135 B

Priority Applications (No Type Date): DE 3005015 A 19800211

Patent Details:

Patent	Kind	Lan	Pg	Filing Notes	Application	Patent
DE 3005015	A		19			

Abstract (Basic): DE 3005015 A

Sandwich material, for example for use in the construction of boat hulls, is made of a core layer of rigid foam, covered on both sides by a coating layer. At least one or several intersecting webs pass through the core from one coating to the other.

The preferred core foam material is PVC, polyurethane, or polymethyl acrylate. The coating layers can be a glass fibre reinforced plastic, thermosetting or plastic material or a metal such as aluminium, copper or steel. The webs are made of the same materials as the coating layers.

Such a laminate limits the deflection at load and eliminates both shear fractures of the foam and permanent dents in the coatings.

Title Terms: STRUCTURE; SANDWICH; MATERIAL; RIGID; FOAM; CENTRE; INTERSECT;  
WEB; JOIN; COATING; LAYER; SIDE

Index Terms/Additional Words: BOAT; HULL

Derwent Class: A94; P73; Q24; Q25; Q44

International Patent Class (Additional): B32B-003/12; B32B-005/18;

B63B-003/20; B64C-001/12; E04C-002/46

File Segment: CPI; EngPI

Manual Codes (CPI/A-N): A12-S04B; A12-T02

Plasdoc Codes (KS): 0011 0231 2020 2214 2540 2628 2632 2635 2646 2726 2728

2829 2848 0209 0759 1293 1294 0500 0535 1282

Polymer Fragment Codes (PF):

\*001\* 011 04- 061 062 063 143 146 231 308 309 42& 441 443 47& 473 477 491  
50- 551 560 566 567 570 573 575 581 647 672 688 723  
\*002\* 011 04- 143 146 150 231 308 309 42& 441 443 47& 473 477 491 50- 551  
560 566 567 570 573 575 581 647 672 723  
\*003\* 011 04- 074 077 081 082 143 146 231 308 309 42& 441 443 47& 473 477  
491 50- 551 560 566 567 570 573 575 581 647 672 688 723  
\*004\* 011 04- 061 062 063 226 231 308 309 42& 441 443 47& 473 477 491 50-  
551 560 566 567 570 573 575 581 647 672 688 723  
\*005\* 011 04- 150 226 231 308 309 42& 441 443 47& 473 477 491 50- 551 560  
566 567 570 573 575 581 647 672 723  
\*006\* 011 04- 074 077 081 082 226 231 308 309 42& 441 443 47& 473 477 491  
50- 551 560 566 567 570 573 575 581 647 672 688 723

?logoff

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①⑫ Offenlegungsschrift  
①⑪ DE 30 05 015 A 1

⑤① Int. Cl. 3:  
B 32 B 5/18  
B 32 B 3/12  
E 04 C 2/46  
B 63 B 3/20  
B 64 C 1/12

②① Aktenzeichen:  
②② Anmeldetag:  
④③ Offenlegungstag:

P 30 05 015.8-25  
11. 2. 80  
20. 8. 81

⑦① Anmelder:  
Olbrich, Kurt, 6120 Erbach, DE

⑦② Erfinder:  
Antrag auf Nichtnennung

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Baukörper in Sandwichbauweise mit verstegtem Hartschaumkern und Verfahren zu seiner Herstellung

DE 30 05 015 A 1

ORIGINAL INSPECTED

DE 30 05 015 A 1

6000 FRANKFURT (MAIN) 1  
LICHTENSTEINSTRASSE 3  
FERNSPRECHER: (0611) 555061  
TELEGRAMME: LOMOSAPATENT  
LANDESZENTRALBANK 50007149  
POSTSCHECK-KONTO FFM. 1867-009

I/ho-G

FRANKFURT (MAIN),

Kurt Olbrich  
Gerhart-Hauptmann-Str. 19  
6120 Erbach/Odenwald

Ansprüche:

1. Baukörper in Sandwichbauweise mit einer Kernschicht aus Hartschaum und einander gegenüberliegenden Decklagen, dadurch gekennzeichnet, daß die Kernschicht von mindestens einem Steg durchzogen ist, der sich senkrecht zwischen den einander gegenüberliegenden Decklagen erstreckt und an diese angrenzt.
2. Baukörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege nebeneinander oder sich senkrecht oder unter einem anderen Winkel durchdringend und/oder unter einem Winkel aneinander grenzend angeordnet sind.
3. Baukörper nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß Stege durch Querstege in ihrer Länge unterbrochen sind, wobei die Flächen der unterbrochenen Stege an die unterbrechenden Stege angrenzen, ohne mit diesen fest verbunden zu sein.
4. Baukörper nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege (oder der Steg) mit den Decklagen nicht fest verbunden sind.

130034/0160

5. Baukörper nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege (oder der Steg) mit mindestens einer Decklage fest verbunden sind.
6. Baukörper nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege im wesentlichen Rechteckquerschnitt aufweisen.
7. Baukörper nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege gebildet sind aus GFK-Material oder aus Kunststoffen wie Duro- oder Thermoplasten oder aus anderen Kunststoffen oder aus Aluminium oder aus Kupfer oder aus Stahl oder aus sonstigen Metallen oder Legierungen oder aus Holz oder aus einer Kombination dieser Werkstoffe.
8. Baukörper nach den Ansprüchen 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege (der Steg) aus GFK-Naßlaminat gefertigt sind.
9. Baukörper nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Hartschaummaterial der Kernschicht aus Duro- oder Thermoplasten oder ähnlichen Materialien gefertigt ist und insbesondere besteht aus Polyvinylchlorid oder Polyurethan oder Polymethylacrylat oder aus anderen Polymeren.
10. Baukörper nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Decklagen gebildet sind aus GFK-Material oder aus Kunststoffen wie Duro- oder Thermoplasten oder aus anderen Kunststoffen oder aus Aluminium oder aus Kupfer oder aus Stahl oder aus sonstigen Metallen oder Legierungen oder aus Holz oder aus einer Kombination dieser Werkstoffe.
11. Baukörper nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Baukörper ein Plattenelement oder ein Formkörper oder ein Raumkörper ist, insbesondere ein Schiffsrumpf oder ein Bauteil eines solchen oder ein Bauteil oder die Gesamtheit eines anderen vorwiegend großflächigen Baukörpers wie für Land- und Luftfahrzeuge, für Behältnisse, Wände usw.

12. Herstellung eines Schiffsrumpfes in Sandwichbauweise mit verstegtem Sandwichkern mit wenigstens einem der Merkmale der Voransprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nur über Schablonen für die Querspanten gespannte Hartschaumbahnen mit Stegen als Zwischenstegen verklebt werden, worauf nach Vorbereitung der Steg/Schaum-Oberfläche die Decklamine zur Bildung der äußeren Schiffsrumpfoberfläche und dann nach Entfernung der Schablonen die Decklamine zur Bildung der inneren Schiffsrumpfoberfläche aufgetragen werden.

130034/0160

Baukörper in Sandwichbauweise mit verstegetem Hartschaumkern und Verfahren zu seiner Herstellung.

Die Erfindung bezieht sich auf Sandwichbaukörper und -bauelemente, die extremen mechanischen Belastungen wie Biegung, Druck, Scherung, Schwingung, Torsion, Zug, ausgesetzt sind.

Bekannte Ausführungen zur Sandwichbauweise (Decklage/Kernschicht/Decklage) sind Gebilde wie Plattenelemente oder Form- oder Raumkörper, deren Kernschicht entweder aus einer Hartschaumfüllung besteht oder aus geometrisch strukturierten Kernelementen aufgebaut ist. Die strukturierten Elemente können waben-, prismen-, trapezförmige Profile, Hutprofile, T-Profile, I-Profile und andere sein, wobei die Zwischenräume zwischen den die Decklagen stützenden Profilen und innerhalb dieser hohl bleiben oder mit Schaummaterial ausgefüllt sind. Bauweisen mit den vorgenannten Konstruktionsmerkmalen zeigen vor allem im Kunststoffbau ihre Grenzen, wo es sich um großflächig dimensionierte Form- oder Raumkörper handelt, die extremen Schwingbelastungen ausgesetzt sind. Als Beispiel seien in Sandwichbauweise gefertigte Schiffsrümpfe angeführt. Die Schwingbelastung schon eines 60 m langen Schiffsrumpfes bei hohem Seegang beim Reiten auf dem Wellenberg und beim Hängen im Wellental ist extrem groß. Die Folgen der Belastung sind, - daß es

- a) beim durchgehenden oder auch segmentweise geklebten Hartschaumkern nicht nur zum offenen oder versteckten Bruch oder zum Scherbruch des Schaummaterials kommt, sondern
- b) auch zu dessen irreversibler Stauchung, die ihrerseits wieder eine bleibende Einbiegung oder Verziehung der Deckschichten (in der Regel Lamine) nach sich zieht, - und daß
- c) bei profilierten oder profilbewehrten Kernschichten die (starre) Klebverbindung zwischen Profil und den Deckschichtlaminaten zerschert wird.

Außerdem kommt ein weiteres Problem hinzu. Bei Schiffsrümpfen in Sandwichbauweise mit nicht profilbewehrtem Hartschaumkern (in

der Regel das angestrebte Konstruktionssystem) werden lange, gegebenenfalls geklebte Hartschaumlagen verwendet, deren Druck- und Scherfestigkeit von der Schaumgüte und deren Gleichmäßigkeit abhängt. Gleichmäßige Hartschaumqualitäten sind bei der Herstellung der Hartschäume aber nicht gewährleistet, sodaß

d) trotz gleicher Raumgewichte des Schaums seine Druck- und Scherfestigkeiten innerhalb des selben Baukörpers sehr unterschiedlich sind. Ferner muß ein großer Streubereich der Raumgewichte hingenommen werden. Dies führt zu besonderen Schwachstellen im Baukörper.

Es wurde nun gefunden, daß Bruchschäden nach a) und c) und Stauchungsschäden nach b) entweder völlig vermieden werden oder sich erst nach extremer Langzeitschwingbelastung andeuten, und daß Probleme nach d) hinsichtlich der Druck- und Scherfestigkeiten in Abhängigkeit von der Güte und Gleichmäßigkeit der Schaumqualität nicht auftreten, wenn eine neue Bauweise angewendet wird.

Die Bauweise gemäß der Erfindung unterscheidet sich von den herkömmlichen dadurch, daß die Kernschicht der Sandwichgebilde von Stegen durchzogen ist, die sich senkrecht zwischen den einander gegenüberliegenden Decklagen erstrecken, an diese angrenzen, sie abstützen und auf Distanz halten. Die Stege haben Rechteckquerschnitt. Die Stege werden in vom Fachmann von Fall zu Fall zu ermittelnden Abständen angeordnet und verlaufen in Längs- oder Querrichtung der Baukörper oder Baukörperelemente oder in beiden dieser Richtungen. Zusätzlich können schräg zu diesen Richtungen verlaufende Stege angeordnet sein (Abbildung 1).

Zufolge der Abmessungen des Querschnitts der Stege und der Abstände der Stege voneinander wird die Durchbiegung der Sandwichkörper bei Belastung begrenzt und somit auch die Schubspannung an den Grenzflächen der verklebten Decklagen zur Kernschicht. Die Stege können mit den Decklagen verklebt sein, müssen es aber nicht.

Wenn bei Sandwichbaukörpern mit in einer Raumrichtung angeordneten Stegen zusätzlich Querstege angeordnet werden, so ist es mög-



lich, hohe Festigkeiten in mehr als einer Raumrichtung mit Stegen zu erreichen. Als besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, wenn die Längsstege dabei nicht durchgehend sind, sondern von den Quersteinen unterbrochen werden, so daß die einzelnen Abschnitte der Längsstege an die Querstege zwar angrenzen, ohne jedoch fest mit ihnen verbunden zu sein. Dadurch werden die auf das Sandwichplattenelement oder auf den Sandwichformkörper einwirkenden Kräfte in zwei Flächenrichtungen gleichartig verteilt und der Baukörper in beiden Richtungen gleichartig stark belastet. Außerdem wird einem Brechen oder Reißen der Längsstege entgegengewirkt, was bei langen Stegen vorkommt. Würde man anstelle von Stegen Hut- oder I-Profile anwenden, würde eine wie zuvor beschriebene Unterbrechung anstatt die Festigkeit zu steigern nur zu einer erheblichen Festigkeitseinbuße führen.

Für die Deckschichten können z.B. GFK-Material, Kunststoffe (Duro- oder Thermoplaste), Aluminium, Kupfer, Stahl oder sonstige Metalle oder Legierungen, auch Holz, verwendet werden.

Die Stege können ebenfalls aus verschiedenen Materialien, auch untereinander kombinierte, bestehen, und gefertigt sein aus GFK-Material, Kunststoffen (Duro- oder Thermoplaste), Holz, Aluminium, Stahl usw.

Als Zwischenlage, d.h. als Kernmaterial, sind z.B. Hartschaummaterialien aus Duro- oder Thermoplasten oder ähnliche Werkstoffe gut geeignet; zu nennen sind Polyvinylchlorid (PVC), Polyurethan (PUR), Polymethylacrylat (PMMA) und andere Polymere.

Bei Verwendung von GFK-Material für die Stege können diese entweder als Streifen vorgefertigt mit dem Schaummaterial verklebt oder als Naßlaminat (in entsprechenden Schichten durchtränkte Glasfasern, noch naß) in einem Arbeitsgang während ihrer Herstellung mit dem Schaummaterial verklebt werden. Letztere Technik wird dann den Vorrang erhalten, wenn es sich um in mehreren Richtungen ausgeformte Sandwichkonstruktionselemente handelt.

Im folgenden werden Untersuchungen zum statischen Biegebruch und zum Schwingbruch der Hartschaumkernschicht von Prüfkörpern in Sandwichbauweise vorgestellt. Alle Prüfkörper waren Sandwichplatten mit den Ausmaßen: Länge 800 mm, Breite 200 mm, Höhe (Deckschicht - Kern - Deckschicht) 76 bis 80 mm; die Stärke der Deckschichten betrug 7,5 bis 8 mm. Die Prüfkörper waren mit einer nicht unterstützten Länge von 480 mm auf zwei gegeneinander federnd kippbaren Auflagen gelagert, deren rechtwinklige Auflageteller in Längsrichtung der Prüfkörper jeweils 160 mm betrug und deren federnde Standsockel von Sockelachse zu Sockelachse einen Abstand von 580 mm hatten. Der Abstand von äußerer Tellerkante zur Außenkante der Prüfkörper betrug jeweils 60 mm. Die Prüfkörper wurden mittels eines rechtwinkligen Druckstempels von 200 mm Durchmesser in Längsrichtung der Körper von oben mittig belastet.

In Tabelle 1 sind die Bezeichnung der Prüfkörper, ihr Aufbau und die hierzu verwendeten Materialien zusammengestellt.

In Abbildung 2 sind die Ergebnisse der sowohl statisch als auch im Schwinglastversuch zum Kernbruch gefahrenen Prüfkörper (Sandwichbiegeproben) als Wöhlerlinien eingetragen.

Abbildung 2 enthält außerdem eine figurliche Darstellung der Prüfkörper (wobei S = Steg, H = Hutprofil, K = Querklebefuge). Abbildung 2 enthält ferner Angaben zum Flächengewicht ( $\text{kg/m}^2$ ) der Prüfkörper und zur Wichte  $\gamma$  ( $\text{kg/m}^3$ ) und Druckfestigkeit ( $\text{N/cm}^2$ ) der Hartschäume. Die Druckfestigkeit der PVC-Hartschäume ist das Maß für die Schaumqualitäten I, II und III.

In Tabelle 2 sind die gewichtsbezogenen Festigkeiten ( $\text{kg m}^{-2} \text{ kN}^{-1}$ ) der Prüfkörper in Abhängigkeit von der Zahl der Lastwechsel (LW) aufgeführt und miteinander verglichen.

Abbildung 3 gibt die Vergleichsergebnisse von Tabelle 2 graphisch wieder.

130034/0160

BAD ORIGINAL

Die Graphiken und Tabellen erlauben z. B. folgende Feststellungen:

- 1) Die Schwingbelastbarkeit (SB) von Sandwichplattenelementen (Platten) gleichen Laminataufbaus, deren Kern aus Hartschaum oder Hartschaum mit Querklebefugen besteht, hängt von der Qualität des Schaumes ab (SB:  $R\ 1 < R\ 1.05 < R\ 5$ ).
- 2) Die Schwingbelastbarkeit von Platten mit hutprofilbewehrtem Schaumkern ist größer als die von Platten mit Schaumkern (SB z. B.:  $R\ 6 > R\ 1.05$ ).
- 3) Die Schwingbelastbarkeit von Platten in deren Hartschaumkern gemäß der Erfindung (Längs-)Stege angeordnet sind, übertrifft die sämtlicher herkömmlicher Bauweisen von Platten, selbst wenn als Schaummaterial die minderste Schaumqualität angewendet wird (SB:  $R\ 1a, R\ 1b, R\ 1c > R_{\text{restliche}}$ ).

Die Ergebnisse werden punktuell weiter erläutert:

Die Prüfkörper (Platten) R 1 und R 1a, R 1b, R 1c wurden mit dem gleichen Laminataufbau und mit gleicher Schaumqualität I hergestellt mit dem Unterschied, daß bei den Prüfkörpern R 1a, R 1b und R 1c im Gegensatz zu Prüfkörpern R 1 drei Längsstege einlaminiert waren. Das Prüfergebnis ist, daß im Schwinglastversuch bei z. B. 40 kN Oberlast Platten R 1 (ohne Längsstege) bereits bei 1000 Lastwechseln zu Bruch gehen, während Platten R 1a, R 1b und R 1c mit drei Längsstegen erst bei mehr als 10 000 000 Lastwechseln zu Bruch gehen würden.

Platten R 7 (EP-Deckschichtlamine\*, Schaumqualität III) gingen bei derselben Oberlast von 40 kN bereits nach etwa 250 Lastwechseln zu Bruch. Platten R 5 (UP-Deckschichtlamine\*, Schaumqualität III) gingen bei der Oberlast von 40 kN bei etwa 2 000 000 Lastwechseln zu Bruch. Die Platten R 7 waren zwar mit der gleichen Schaumqualität hergestellt worden wie die Platten R 5, jedoch mit Epoxidharz-Deckschichtlaminaten\*, welche eine schlechtere Klebeverbindung an den Grenzflächen zu dem Hartschaum ergeben und deshalb im Schwinglastversuch vorzeitig zu Bruch gingen.

\* glasfaserverstärkt

Die Platten R 6 und R 8 wurden mit Hutprofilen gefertigt, welche an den Flanschen starr mit den Decklagen verklebt waren. Hier zeigt sich zwar, daß z. B. bei Proben R 6 im statischen Biegebruchversuch ein sehr guter Wert erzielt wurde, daß jedoch im Schwinglastversuch wegen der starren Verbindung der Flansche des Hutprofils mit den Decklagen eine frühzeitige Zerschörung im Bereich der Klebefläche erfolgte.

Werden die Ergebnisse zur Festigkeit ( $\text{kg m}^{-2} \text{ kN}^{-1}$ ) der Platten auf Platten R 7, welche die geringste Belastbarkeit zeigten, bezogen, und die Festigkeit der Platten R 7 gleich 100 % gesetzt, ergibt sich folgendes Bild:

Werden Formkörper nach dem Konstruktionsprinzip der Sandwichkörper R 1a, R 1b und R 1c (Stege) gefertigt, werden im Vergleich zu Baukörpern R 7 nur 61 bis 62 % des Gewichtes bei gleicher Festigkeit benötigt. Das kommt einer Gewichtseinsparung von 38 bis 39 % gleich. Sandwichkörper R 1 (keine Stege) hätten ein Gewichtsauflkommen von 97 %. Selbst bei Sandwichelementen R 5 (keine Stege) mit der besten Schaumqualität III ergibt sich noch ein Gewichtsauflkommen von 72 % gegenüber 61 bis 62 % unter Anwendung von Stegen und der minderen Schaumqualität I (R 1a, R 1b, R 1c). Die Schaumqualität III, die ein relativ gutes Ergebnis bewirkt, kann in gleichmäßiger Spitzenqualität jedoch serienmäßig nicht geliefert werden.

Gegenüber den schon recht positiven Ergebnissen zu R 5 lassen sich mit der neuen Bauweise und mäßiger Schaumqualität immerhin noch 10 bis 11 % an Gewicht einsparen.

Die Platten R 1.01 waren aus besonders aussortierter Hartschaumqualität handelsüblicher Ware, jedoch mit dicken Querklebefugen gefertigt. Der Kleber hatte die gleiche Schaumcharakteristik (ein Massivkleber würde die Festigkeit erheblich mindern). Die Platten R 1.05 entsprachen den Platten R 1.01, hatten jedoch dünne Querklebefugen. Auch in diesen Fällen ergab sich ein relativ hohes Gewichtsauflkommen bei gleicher Festigkeit, das gegenüber 61 bis 62 % für die Platten R 1a, R 1b und R 1c mit Stegen bei 79 % (dicke Klebefugen) bzw. 90 % (dünne Klebefugen) lag.

Beschreibung des Bruchversagens der Kernschicht der Sandwichprüfkörper am Beispiel der Proben R 1a, R 1c und R 7 unter den nachstehend angegebenen Bedingungen ( $F_0$  = Oberlast):

R 1a: Deckschichten: UP-Laminate\*; Kern: PVC I, 3 Längsstege als GFK-Naßlaminat verklebt, Stärke der Stege etwa 1/2 der Stegstärke bei R 1c;  
 $F_0$  = 55 kN; LW = 27 800; maximale Durchbiegung auf 40 mm begrenzt

R 1c: Deckschichten: UP-Laminate\*; Kern: PVC I, 3 Längsstege aus vorgefertigtem GFK;  
 $F_0$  = 55 kN; LW = 76 400; maximale Durchbiegung auf 20 mm begrenzt

R 7: Deckschichten: EP-Laminate\*; Kern: PVC III, keine Stege; Oberlasten und Lastwechsel siehe Abbildung 2

Bruchversagen bei R 7 durch Zusammendrücken des PVC-Hartschaums; es trat eine Längsquetschungszone mit zurückbleibender Stauchung des Schaummaterials auf mit der zusätzlichen Folge, daß sich die Deckschichten taillenförmig in Richtung des Kerns bleibend verzogen.

Bruchversagen bei R 1a und R 1c durch linear oder S-förmig verlaufende Querrisse im Schaummaterial, jedoch ohne Stauchung der Mittellage.

Im übrigen hatten Schwinglast- und statische Druckversuche an plattenförmigen reinen PVC-Hartschäumen (Qualität III) zur Folge, daß die Proben nach der Entlastung einen Höhenschwund von etwa 15 % aufwiesen.

Remanente Stauchung des Hartschaums bedeutet stets eine Zerstörung des Schaummaterials und eine Zerstörung der für den Sandwichbau unter Verwendung von Hartschaum geforderten Eigenschaften des Sandwichkerns. Durch Anwendung von Stegen werden diese Schäden vermieden.

\* glasfaserverstärkt

Wie die Prüfdaten zur Belastbarkeit von Sandwichkörpern in Kunststoffausführung zeigen, ist durch die Anordnung von Stegen gemäß der Erfindung ein erheblicher Fortschritt gegenüber den bisherigen Konstruktionsmerkmalen im Sandwichbau erzielt. Weitere Vorteile der Anordnung von Stegen sind unter anderem: geringerer Material (Gewichts-)bedarf und die Verwendbarkeit minderer Hartschaumqualitäten zur Erzielung der geforderten Festigkeit des Sandwichbaukörpers, und eine Vereinfachung in der Herstellung insbesondere von in mehreren Richtungen ausgeformten Sandwichbaukörpern (-konstruktionselementen) infolge der Möglichkeit, statt vorgefertigter in mehreren Richtungen ausgeformter Stege diese als leicht ausformbares Naßlaminat gleichzeitig mit ihrer Anordnung herzustellen.

Zusammengenommen bedeutet das außer einer Materialersparnis auch eine wesentliche Arbeitszeitverkürzung verbunden mit einer vereinfachten Arbeitstechnik. Als Ausführungsbeispiel für die Vorteile der Erfindung wird ihre Anwendung einerseits im Kunststoffbau und andererseits auf dem Sektor des Schiffskörperbaus vorgestellt.

Ein Schiffskörper in Sandwichbauweise gemäß der Erfindung kann so hergestellt werden, daß zunächst Schablonen für die Querspannten angefertigt werden, dann das Hartschaummaterial in Bahnen geschnitten und diese in Längsrichtung des zu bildenden Schiffes außenseits quer über die Schablonen gespannt und die Stege als Zwischenstege mit den Hartschaumstreifen verklebt werden. Nach der Verklebung werden die Oberfläche geebnet und die Decklamine der Außenwand aufgebracht. Ist die Außenschicht fertig laminiert und ausgehärtet, kann der Schiffsrumpf gewendet werden, worauf die (Innen)schablonen entfernt und die Decklamine der Innenwand aufgebracht werden.

Für die Stege kann GFK-Material verwendet werden. Es kommen aber auch andere Materialien (z. B. andere Kunststoffe, Metalle, Holz) in Frage.

130034/0160

Schwinglastversuche insbesondere in Versuchsreihe R 7 bestätigen das - daß derartige und notwendige Klebeverbindungen (Hartklebe: leicht zerschert werden, woraufhin das Stützgefüge seine Stütz- und Festigkeitswirkung einbüßt. Bei Schaumfüllung der Kerne ist der Schaum nicht aus Hartschaumbahnen, sondern wird durch Ausschäumen der Hohlräume gebildet. Diese Schaumfüllungen sind ungeeignet, von den Decklagen gelöste T- oder I- oder Hutprofile in ihrer vorigen Anordnung zu stabilisieren. Ein weiterer Nachteil liegt in der Unsicherheit der Schwingfestigkeitsberechnung der Sandwichkörper, da die Schwingbelastbarkeit der Klebefläche zwischen Profil und Decklage nur schwer abgeschätzt werden kann. Losgerissene Profile verursachen eine breite Schwächungszone.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei der Anordnung von Stegen gemäß der Erfindung. Die Stege sind schmal. Ihre Breite beträgt lediglich 3 bis 4 mm. Und die Stege sind im wesentlichen planparallel und fest mit den Hartschaumbahnen verklebt. Daher ist es weder notwendig, die Stirnseiten der Stege (Anliegeflächen) fest mit den Decklagen zu verbinden, noch beeinträchtigt eine Lösung der Verbindung die Belastbarkeit des Baukörpers, da die Stege infolge der (senkrecht zur Längenausdehnung der Stäbe als inkompressibel anzusehenden) Hartschaumbahnen in ihrer Position unverrückbar gehalten werden.

Bei Schiffsrümpfen ist die Kielzone besonderen Belastungen ausgesetzt. Zur besonderen Verfestigung der in Sandwichbauweise mit Kunststoffen gefertigten Schiffswände können die Profile möglichst dicht aneinander gereiht werden. Wegen der vorgenannten Breite der Profile muß ein relativ großer Mindestabstand zwischen diesen Bewehrungen hingenommen werden. Der Mindestabstand ist für die ausreichende Festigkeit oft noch zu groß, sodaß man sich mit stärkeren Decklaminatschichten behelfen muß. Die schmalen Stege gemäß der Erfindung können praktisch beliebig dicht gesetzt werden, sodaß eine Verstärkung der Deckschichten nicht mehr nötig ist.

Hartschaummaterial konnte seither nur auf sehr stabilen Unterformen angeordnet werden. Das Material ist sehr steif und läßt sich in breiten Bahnen kalt kaum ausformen, sondern nur unter Einwirkung von Hitze, sodaß bisher bei Sandwichformkörpern mit nicht stegbewehrtem Hartschaumkern ein erheblicher Aufwand durch das meist noch ziegelartig überlappende Zusammenfügen mehrerer Hartschaumplattenelemente und das nachträgliche Bearbeiten der Konturen unumgänglich war.

Auf GFK-Ausführung bezogene Vergleichsberechnungen für Rümpfe von Schnellbooten von 65 m Länge zeigen, daß die Gewichte der nach bekannten Bauweisen gefertigten Rümpfe bei Ausführung in GFK 100 %, in Holz 115 % und in Stahl 125 % betragen. Die Fertigungskosten einschließlich der Materialkosten belaufen sich bei GFK- und Holzausführung auf 100 % und bei Stahlausführung auf 120 %. Im Gegensatz dazu liegen für Bootskörper derselben Größe bei Ausführung gemäß der Erfindung und unter Anordnung von Hartschaumkernen, die von z. B. GFK-Stegen durchzogen sind, die Gewichte bei nur 62 bis 65 % und die Erstellungskosten bei nur 65 bis 70 %. Ein weiterer großer Vorteil ist, daß Kleinstserien schon sehr rentabel gefertigt werden können, weil für wie oben beschriebene Bauweisen (das gilt auch für weitere in mehreren Richtungen ausgeformte Sandwichgebilde) kein aufwendiges Formgerüst, sondern nur einfache Schablonelemente erforderlich sind, sodaß auf Grund schon dieser geringeren Vorkosten eine Rentabilität bereits ab etwa 2 Bootsrümpfen gegeben ist, während nach den bisherigen Bauweisen erst ab etwa 10 Serienstücken rentabel gefertigt werden kann. Das gleiche gilt statt für Schnellboote auch für Großcontainer im Hallenbau und für andere Schiffstypen.

Hinzuweisen ist noch auf folgende Vorteile der Erfindung gegenüber den bisherigen Konstruktionsmerkmalen im Sandwichbau:

Seither wurden als Kern oder als Bewehrung schaumgefüllter Kerne T- oder I- oder Hutprofile angewendet, die an ihren Anlageflächen an den Decklagen breit sind. Die Breite über alles beträgt je nach Profiltyp und dessen Ausführung mindestens 40 bis 90 mm, über welche Strecke die Profile mit den Decklagen auch verklebt sein mußten. Es wurde nun bereits darauf hingewiesen, - und die

130034/0160

COPY



TABELLE 1

Aufbau und Materialien der Prüfkörper

Versuchs- reihe R	Deckschicht- laminat: GF-	Hartschaum-Kern		
		Material	Qualität	mit
1	UP	PVC	I	dünnen oder dicken Querklebefugen
1a	UP	PVC	I	3 Längsstegen (GFK-Naßlaminat)
1b	UP	PVC	I	3 Längsstegen (GFK, vorgefertigt)
1c	UP	PVC	I	3 Längsstegen (GFK, vorgefertigt)
1.01	UP	PVC	II	dicken Querklebe- fugen (gleiche Schaumcharakteris- tik)
1.05	UP	PVC	II	dünnen Querklebe- fugen (gleiche Schaumcharakteris- tik)
5	UP	PVC	III	---
6	UP	PUR	-	Hutprofil (GF-UP)
7	EP	PVC	III	---
8	EP	PUR	-	Hutprofil (GF-EP)
GF-UP = glasfaserverstärktes ungesättigtes Polyesterharz GF-EP = glasfaserverstärktes Epoxidharz				

an Sandwichprobekörpern  
800 x 200 x 76 - 80 mm

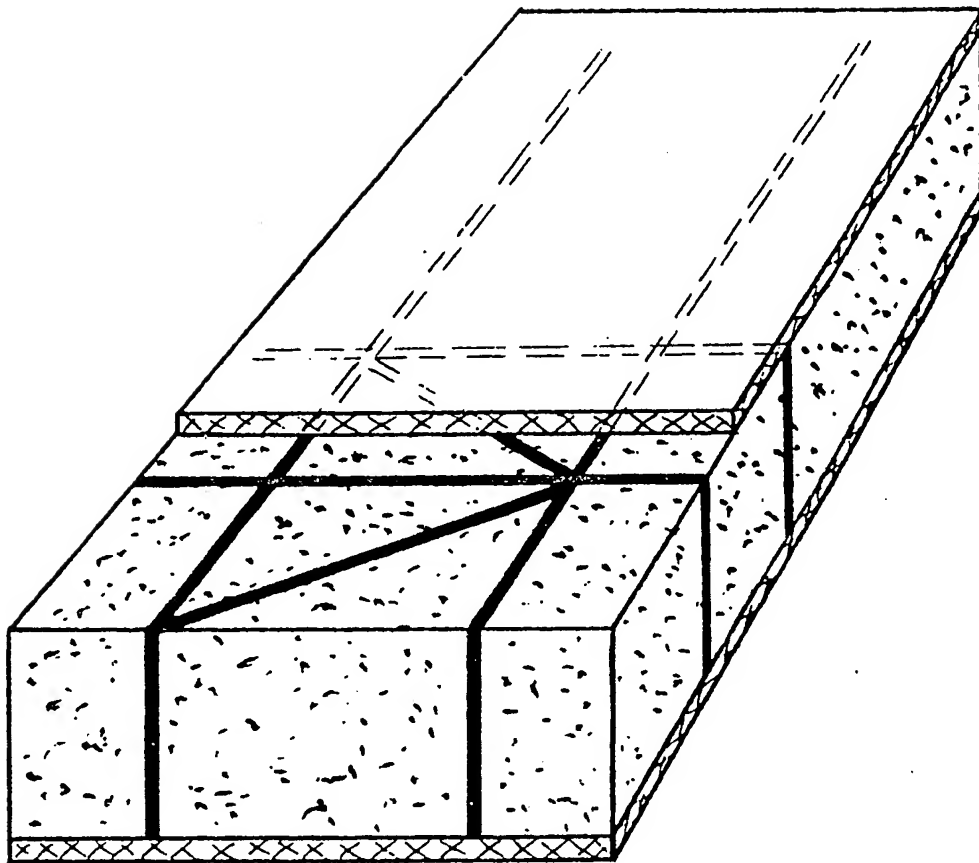
Versuchs- reihen		statistischer Biegebruch					SCHWINGLASTVERSUCHE (0,4 - 0,8 Hz, KERNTemperatur UNTER 35 °C) BIS BIEGEBRUCH																		
		(A)					10 000 LW (B)			50 000 LW (C)			100 000 LW (D)			1 000 000 LW (E)									
		KN	kg/m <sup>2</sup>	$\frac{\text{kg/m}^2}{\text{KN}}$	*) %		KN	kg/m <sup>2</sup>	$\frac{\text{kg/m}^2}{\text{KN}}$	*) %		KN	kg/m <sup>2</sup>	$\frac{\text{kg/m}^2}{\text{KN}}$	*) %		KN	kg/m <sup>2</sup>	$\frac{\text{kg/m}^2}{\text{KN}}$	*) %					
R 1b, 1c	103	39,5	0,385	61		61,5	39,5	0,54	61		56,5	39,5	0,70	61		54,5	39,5	0,72	61		48,2	39,5	0,82	61	
R 1a	96	37,8	0,39	62		58,5	37,8	0,65	62		53,5	37,8	0,71	62		51,5	37,8	0,73	62		45,5	37,8	0,83	62	
R 5	87,5	40,0	0,455	72		52,5	40,0	0,76	72		49,0	40,0	0,82	72		47,0	40,0	0,85	72		41,5	40,0	0,96	72	
R 6	116	37,2	0,32	51		55,0	37,2	0,68	55		49,0	37,2	0,76	67		46,0	37,2	0,81	69		38,5	37,2	0,97	72	
R 1.01	71,0	35,5	0,50	79		43,0	35,5	0,83	79		39,5	35,5	0,90	79		38,0	35,5	0,93	79		33,5	35,5	1,06	79	
R 1.05	61,5	35,0	0,57	90		37,2	35,0	0,94	90		34,3	35,0	1,02	90		33,0	35,0	1,06	90		29,0	35,0	1,21	90	
R 8	73,0	32,2	0,44	70		38,0	32,2	0,85	81		34,0	32,2	0,95	83		32,0	32,2	1,01	86		27,0	32,2	1,19	89	
R 1	57,5	35,0	0,61	97		34,8	35,0	1,01	97		31,8	35,0	1,10	97		30,8	35,0	1,14	97		27,0	35,0	1,30	97	
R 7	53,0	33,5	0,63	100		32,0	33,5	1,05	100		29,5	33,5	1,14	100		28,3	33,5	1,18	100		25,0	33,5	1,34	100	

\*) Die kleinste Zahl ist das beste Ergebnis. Z. B.: Bei R 1b und R 1c wird bei nur 61 % des Gewichtes die gleiche Festigkeit, wie bei R 7 mit 100 % (his 100000 LW) erreicht. Gewichtseinsparung 39 %

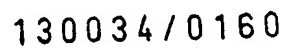
-16-  
Leerseite

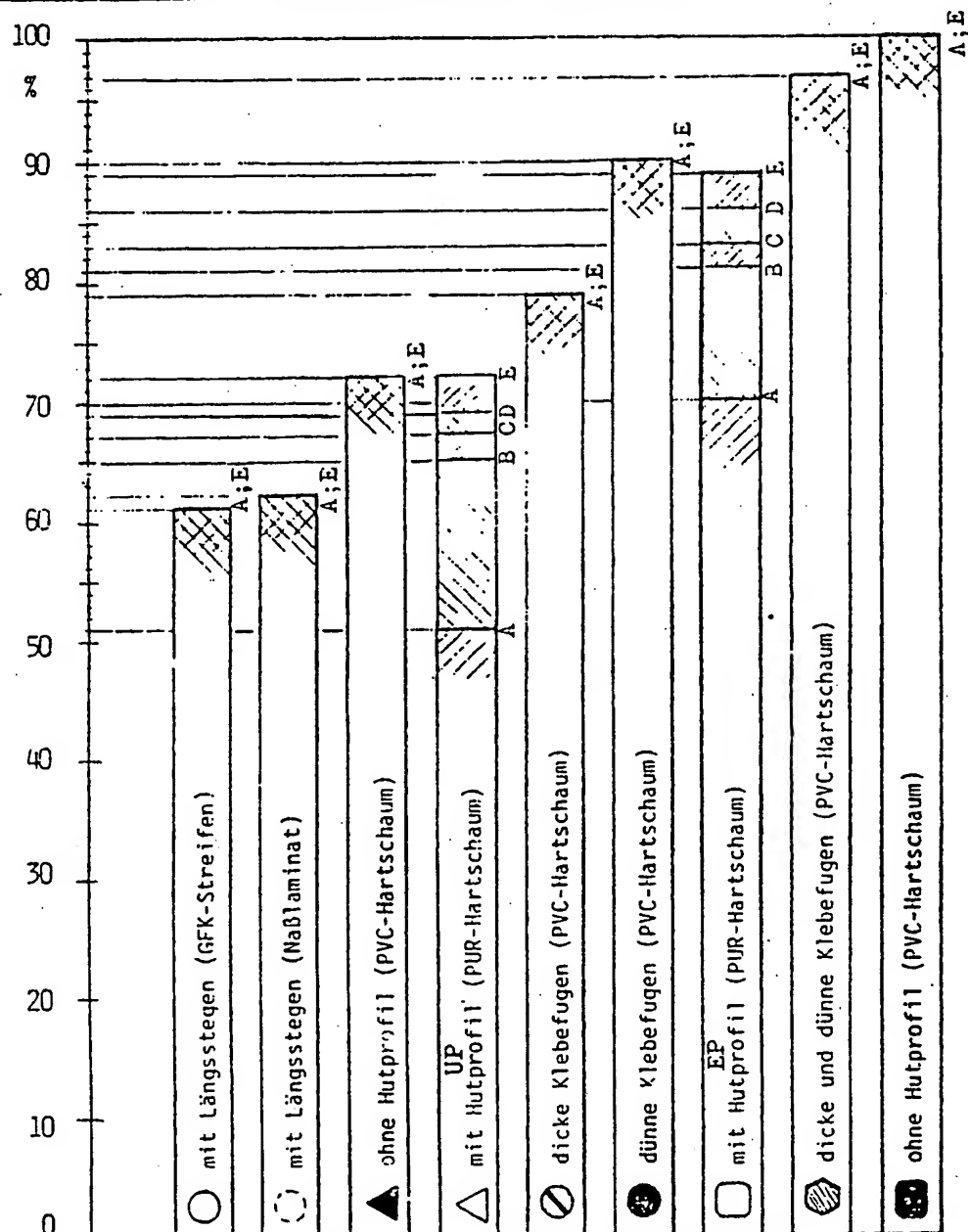
3005015

ABBILDUNG 1



130034/0160





Versuchsreihen	δ von Hartsch. kg/m <sup>3</sup>	Hartsch. Druckfestig. N/cm <sup>2</sup>
R 1b, 1c	145	235
R 1a	145	235
R 5	165	317
R 6	ca. 70	40-50
R 1.01 -	157	262
R 1.05 -	157	262
R 8	ca. 70	40-50
R 1	145	235
R 7	165	317

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**